



**УДК 551.438(282)(477)**

**Романюк І. В., к.т.н., доцент, Пінчук О. Л., к.т.н., доцент,  
Герасімов Є. Г., к.т.н., доцент** (Національний університет водного  
господарства та природокористування, м. Рівне)

## **РОЗРАХУНОК РІВНЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БАСЕЙН РІЧКИ ГАПА**

**У статті проведений розрахунок антропогенного навантаження на  
басейн річки Гапа, при цьому враховано якість її поверхневих вод.  
Оцінена екологічна ситуація досліджуваного регіону за рівнем ан-  
тропогенного навантаження.**

**Ключові слова:** басейн річки, антропогенне навантаження, якість  
поверхневих вод, екологічна ситуація.

Басейн малої річки є індикатором стану довкілля, що зумовлений рівнем антропогенного навантаження, якого зазнають ландшафти, ґрунти, поверхневі та підземні води, рослинний і тваринний світ, атмосфера. У зв'язку із цим особливої актуальності набувають дослідження антропогенної трансформації в басейнах малих річок для встановлення залежності змін від інтенсивності антропогенних навантажень.

Обраний для дослідження регіон давно зазнає різноманітного впливу антропогенних і природних чинників, які зростають із кожним роком. Однак достатньо повної оцінки змін, що відбуваються в басейні р. Гапа, до цих пір зроблено не було. Саме тому тематика дослідження є дуже важливою, новаторською в науковому відношенні і практично значимою для Волинської області загалом.

Для аналізу сучасного екологічного стану басейну р. Гапа було використано «Методичне керівництво для розрахунку антропогенного навантаження й класифікації екологічного стану малих річок України» [2].

Системна модель розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейну річки (далі – системна модель «Басейн малої річки») побудована за ієрархічним принципом і призначена для класифікації (оцінки) антропогенного стану в басейнах малих, а за певних умов і середніх річок (рисунок).

На нижньому рівні ієрархії розглядаються чотири самостійні моделі основних підсистем басейну річки:

- I – «Радіоактивне забруднення території»,
- II – «Використання земель»,
- III – «Використання річкового стоку»,
- IV – «Якість води».

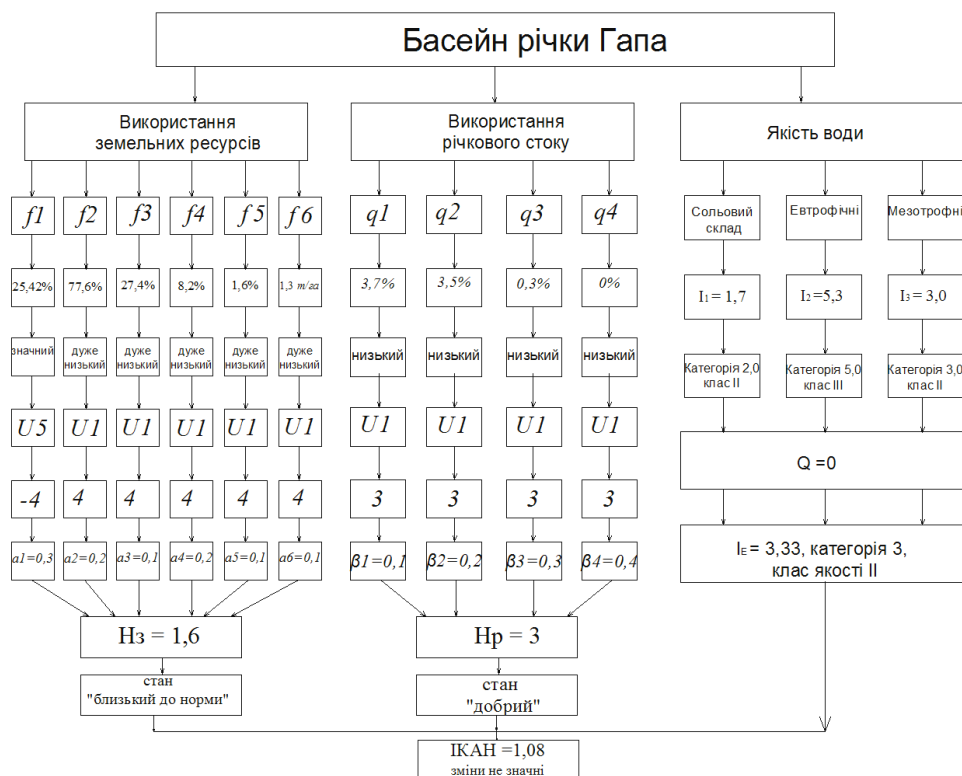


Рисунок. Структурна модель розрахунку антропогенного навантаження в басейні річки Гапа

Кожна підсистема характеризується набором критеріїв і показників, за зіставленням яких класифікують стан басейну річки стосовно кожного показника, а за їх оцінками – і всієї підсистеми.

Підсистема “**використання земель**” призначена для класифікації (оцінки) стану басейну річки за рівнем використання земель.

Згідно з природно-сільськогосподарським районуванням території України басейн р. Гапа, загальною площею 225,3 км<sup>2</sup> розташований у Поліській Західній провінції [3].

За даними земельного обліку та інших інформаційних джерел обчислюємо значення основних показників підсистеми ( $f_i$ ), саме:

$f_1$  – лісистість басейну (сумарна площа лісів, лісосмуг і дерево-чагарникової рослинності),  $f_1=25,42\%$ ;

$f_2$  – ступінь природного стану водозбору (болота, землі під водою, ліси природного і штучного походження, захисні водоохоронні насадження, заповідні території, пасовища, сінокоси, перелоги),  $f_2=77,6\%$ ;

$f_3$  – сільгоспосвоєність (всі сільськогосподарські угіддя на території басейну: рілля, багаторічні насадження, сінокоси, пасовища, пе-



релоги, присадибні землі),  $f_3=27,4\%$ ;

$f_4$  – розораність (рілля присадибні землі),  $f_4=8,2\%$ ;

$f_5$  – урбанізація (площа земель, на яких розміщені населені пункти, об'єкти промисловості, транспорту, зв'язку та ін.),  $f_5=1,6\%$ ;

$f_6$  – ступінь еродованості земель у величинах змиву ґрунту за рік – т/га,  $f_6=1,3$  т/га.

На базі зазначених обчислень  $f_i$  та їх критеріальних величин відповідно до визначеної природно-сільськогосподарської провінції за формулою (1)

$$U(f_i) = \begin{cases} U_5, & \text{якщо } \lambda_4^k < f_k \leq \lambda_5^k \\ U_4, & \text{якщо } \lambda_3^k < f_k \leq \lambda_4^k \\ U_3, & \text{якщо } \lambda_2^k < f_k \leq \lambda_3^k, \\ U_2, & \text{якщо } \lambda_1^k < f_k \leq \lambda_2^k \\ U_1, & \text{якщо } \lambda_0^k < f_k \leq \lambda_1^k \end{cases} \quad (1)$$

де  $\lambda_n^k$  – критерій k-го показника;

отримуємо якісну оцінку рівня використання земель у басейні р. Гапа за кожним показником, за яким по формулі (2) визначаємо її числову міру:

$$X_k = \varphi_k(U_j) = \begin{cases} -4, & \text{якщо } U = U_5, \\ -1, & \text{якщо } U = U_4, \\ 0, & \text{якщо } U = U_3, \\ 1, & \text{якщо } U = U_2, \\ 4, & \text{якщо } U = U_1, \end{cases} \quad (2)$$

Ці якісні та кількісні оцінки рівня використання земель виявилися такими:

1) лісистість,  $f_1$  – «значний», -4;

2) ступінь природного стану водозбору  $f_2$  – «дуже низький», 4;

3) сільгоспосвоєність,  $f_3$  – «дуже низький», 4;

4) розораність,  $f_4$  – «дуже низький», 4;

5) урбанізація,  $f_5$  – «дуже низький», 4;

6) еродованість (змив ґрунту),  $f_6$  – «дуже низький», 4.

За формулою (3)

$$H_i = \frac{\sum_{k=1}^n \alpha_k \cdot x_k}{\sum_{k=1}^n \alpha_k} \quad (3)$$

обчислюємо значення спільного впливу всіх показників у підсистемі на її стан з урахуванням вагових коефіцієнтів, визначених для кожного показника  $f_i$  відповідно до Поліської Західної природно-сільськогосподарської, тобто обчислюємо числове значення міри узагальненого критерію.

$$\alpha_1 = 0,3$$

$$\alpha_2 = 0,2$$

$$\alpha_3 = 0,1$$

$$\alpha_4 = 0,2$$

$$\alpha_5 = 0,1$$

$$\alpha_6 = 0,1$$

$$H_i = \frac{(-4) \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1}{0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,1 + 0,1} = 1,6.$$

Належність стану підсистеми «Використання земель» до одного з класів альтернатив  $L_1 \in L$  (якісна оцінка) визначаємо за величиною міри узагальненого критерію  $H_i$  та за правилами:

$L_1$  – стан підсистеми «добрий», якщо величина міри узагальненого критерію

$$H_i > 2, \quad (4)$$

при цьому може бути не більше двох показників з рівнем використання земель «вище норми» і відсутні показники з оцінкою рівня використання земель «значний».

$L_2$  – стан підсистеми «близький до норми», якщо величина міри узагальненого критерію

$$1 < H_i \leq 2, \quad (5)$$

при цьому відсутні показники, рівень використання земель яких оцінено як «значний».

$L_3$  – стан підсистеми «задовільний», якщо величина міри узагальненого критерію

$$-1 \leq H_i \leq 1, \quad (6)$$

що припускає можливість стану «близький до норми»; при цьому значення критеріїв з урахуванням їх важливості задається виконанням умови

$$-1,1 \leq H_i^{(-)} < 0. \quad (7)$$

$L_4$  – стан підсистеми «незадовільний», якщо величина міри узагальненого критерію

$$H_i \leq -1. \quad (8)$$



Крім того, цей стан характеризується наявністю, як правило, двох-трьох показників, рівень використання земель яких оцінено як «значний» або «вище норми», при цьому негативна міра задовільняє значенням

$$-3 \leq H_i^{(-)} < -1,1. \quad (9)$$

$L_5$  – стан підсистеми «вкрай незадовільний», якщо величина міри узагальненого критерію

$$H_i^{(-)} < -3, \quad (10)$$

при цьому рівень використання земель за трьома показниками (включно з показником найвищої важливості) або більше показниками оцінено як «значний».

У нашому випадку величина міри узагальненого критерію відповідає нерівності  $1 < H_i \leq 2$ , це дає підставу якісно класифікувати стан підсистеми «Використання земель» у басейні р. Гапа як «близький до норми» з поточною мірою 1,6 ( $L_n=1,6$ ).

Крім поточної, визначаємо міру стану підсистеми «Використання земель» у басейні р. Гапа і за формулою (11)

$$\varphi L_i = \begin{cases} 3, \text{ якщо } L_i = L_1, \\ 1, \text{ якщо } L_i = L_2, \\ -1, \text{ якщо } L_i = L_3, \\ -3, \text{ якщо } L_i = L_4, \\ -4, \text{ якщо } L_i = L_5. \end{cases} \quad (11)$$

Її числове значення становить  $\varphi(L_i)=1$ , що відповідає нерівності, за якою визначено клас підсистеми при  $L_n=1,6$ .

Підсистема **“використання річкового стоку”** призначена для класифікації (оцінки) екологічного стану басейну ріки за ступенем антропогенного навантаження на її водні ресурси.

Основними показниками, що характеризують антропогенне навантаження на водні ресурси, визнані такі:

$q_1$  – показник фактичного (повного) використання річкового стоку;

$q_2$  – показник безповоротного водоспоживання річкового стоку;

$q_3$  – показник скиду води у річкову мережу;

$q_4$  – показник скиду забруднених стічних вод у річкову мережу.

Величини цих показників обчислюють за формулами:

$$q_1 = \frac{W_3 + W_{3Б}}{W_\phi + W_C} \cdot 100\%, \quad (12)$$

$$q_2 = \frac{W_3 + W_{3B} - W_C}{W_\phi} \cdot 100\%, \quad (13)$$

$$q_3 = \frac{W_C}{W_\phi} \cdot 100\%, \quad (14)$$

$$q_4 = \frac{W_{3B}}{W_\phi} \cdot 100\%, \quad (15)$$

де  $W_3$  – об'єм забору води з річкової мережі, млн  $\text{м}^3$ ;

$W_{3B}$  – об'єм збитку річкового стоку внаслідок відбору підземних вод, які гідравлічно пов'язані з річковою мережею, млн  $\text{м}^3$ ;

$W_C$  – об'єм скиду води у річкову мережу, млн  $\text{м}^3$ ;

$W_{3B}$  – об'єм скиду у річкову мережу забруднених стічних вод, млн  $\text{м}^3$ .

Оцінку стану використання річкового стоку в басейні річки (стану підсистеми) здійснюють так, як і в попередній підсистемі, на підставі двох класифікацій:

- класифікації рівня використання річкового стоку за кожним показником  $q_i$ ;
- класифікації загального стану використання річкового стоку за рівнем спільного впливу всіх зазначених показників, які характеризують вплив антропогенного навантаження на стан всієї підсистеми «Використання річкового стоку».

Рівень використання річкового стоку в басейні річки за кожним показником оцінюють множиною логічних альтернатив  $U_i \in U$  за критеріями, які визначають його якісний стан за ступенем використання водних ресурсів.

Встановлено, що множина альтернатив  $U_i \in U$  може бути представлена вектором  $U = (U_5, U_4, U_3, U_2, U_1) =$  (рівень «дуже високий», «високий», «вище норми», «близький до норми», «низький»). Компоненти цього вектора (альтернативи) кожного  $k$ -го показника визначають за логічною функцією

$$U(q_{ki}) = \begin{cases} U_5, & \text{якщо } \lambda_4^k < q_k \leq \lambda_5^k \\ U_4, & \text{якщо } \lambda_3^k < q_k \leq \lambda_4^k \\ U_3, & \text{якщо } \lambda_2^k < q_k \leq \lambda_3^k, \\ U_2, & \text{якщо } \lambda_1^k < q_k \leq \lambda_2^k \\ U_1, & \text{якщо } \lambda_0^k < q_k \leq \lambda_1^k \end{cases} \quad (16)$$

де  $\lambda_i^k$  – критерії рівня використання річкового стоку  $k$ -го показника.



Кількісна оцінка рівня використання річкового стоку за кожним показником визначається за величиною міри зазначених альтернатив на основі логічної функції, що має такий вигляд:

$$y_k = \phi_k(U) = \begin{cases} -5, \text{ якщо } U = U_5, \\ -3, \text{ якщо } U = U_4, \\ -1, \text{ якщо } U = U_3, \\ 1, \text{ якщо } U = U_2, \\ 3, \text{ якщо } U = U_1. \end{cases} \quad (17)$$

Класифікацію загального стану використання річкового стоку в басейні річки (стану підсистеми) здійснюють на підставі множини логічних альтернатив  $W_i \in W$  (стан: «добрий», «задовільний», «поганий», «дуже поганий», «катастрофічний») за узагальненими критеріями, які відображають рівень спільного впливу всіх показників  $q_i$  на стан підсистеми.

Для оцінки узагальненого критерію введені лінійні середньозважені нормовані функції мір

$$H_i = \frac{\sum_{k=1}^n \beta_k \cdot y_k}{\sum_{k=1}^n \beta_k}, \quad (18)$$

де, крім раніше згаданих параметрів,  $y_k$  – відповідно загальна функція міри оцінки рівня використання річкового стоку за кожним показником;

$l$  – кількість показників з позитивними значеннями мір  $y_k^{(l)}$ ;  $\beta_k$  – ваговий коефіцієнт, який відображає відносну важливість у басейні річки  $k$ -го показника.

До вихідних даних для розрахунку і класифікації стану використання річкового стоку в басейні річки Гапа по зазначеній підсистемі належать:

- фактичний об'єм річкового стоку (середньо багаторічний або в маловодні роки 75 і 95-процентної забезпеченості) – 20,6 млн м<sup>3</sup>;
- об'єми забору води з річкової мережі та з підземних горизонтів у межах басейну – 0,137 млн м<sup>3</sup>;
- об'єм скиду води в річкову мережу – 0,054 млн м<sup>3</sup>;
- об'єм скиду у річкову мережу забруднених стічних вод – 0 млн м<sup>3</sup>;
- об'єм збитку річковому стоку внаслідок забору води з підземних горизонтів, які гідравлічно пов'язані з поверхневим стоком – 0,62 млн м<sup>3</sup>.

Джерелами інформації для визначення: фактичних величин рі-

чкового стоку є матеріали Гідрометслужби, Держводагентства і його установ, зокрема даних державної статистичної звітності та їх узагальнення.

На базі вищенаведених даних обчислюють основні показники підсистеми «Використання річкового стоку»  $q_i$ , що характеризують антропогенне навантаження на водні ресурси басейну річки.

На підставі зазначених вихідних даних обчислюємо значення показників підсистеми:

$$\begin{aligned}q_1 &= \frac{0,137 + 0,62}{20,6 + 0,054} \cdot 100\% = 3,7\%, \\q_2 &= \frac{0,137 + 0,62 - 0,054}{20,6} \cdot 100\% = 3,5\%, \\q_3 &= \frac{0,054}{20,6} \cdot 100\% = 0,3\%, \\q_4 &= \frac{0}{20,6} \cdot 100\% = 0\%.\end{aligned}$$

Якісну і кількісну оцінку рівня використання річкового стоку в басейні р. Гапа по кожному значенню показників  $q_i$  визначаємо за допомогою логічної функції на підставі їх критеріальних величин. Ці якісні і кількісні оцінки рівня використання річкового стоку за кожним показником такі:

$$\begin{aligned}q_1 &- \text{«низький»}, 3; \\q_2 &- \text{«низький»}, 3; \\q_3 &- \text{«низький»}, 3; \\q_4 &- \text{«низький»}, 3.\end{aligned}$$

Обчислюємо значення спільного впливу всіх показників  $q_i$  на загальний стан підсистеми з урахуванням їх вагових коефіцієнтів – 0,1; 0,2; 0,3; 0,4, величини яких відображають важливість кожного показника:

$$H_i = \frac{3,0 \cdot 0,1 + 3,0 \cdot 0,2 + 3,0 \cdot 0,3 + 3,0 \cdot 0,4}{1,0} = 3,0.$$

Отримане значення  $H_i$  відповідає умові  $H_i > 2,2$ , тобто стан підсистеми «Використання річкового стоку» в басейні р. Гапа відноситься до стану підсистеми «добрий» –  $W_1$ , при цьому  $W_1 = W_n$ .

Міру оцінки стану підсистеми «Використання річкового стоку» величина  $W_1 = 3,0$  і відповідає, як і  $W_n$ , зазначеній нерівності.

Отже, стан підсистеми «Використання річкового стоку» в басейні р. Гапа. За рівнем водоспоживання 2009 року класифіковано як «добрий» з поточною мірою цієї оцінки  $W_n = 3,0$ .

Підсистема **«Якість води»** призначена для екологічної оцінки якості поверхневих вод і класифікації стану басейнів річок за рівнем антропогенного забруднення води.





Підсистема базується на визначенні за певними ознаками класів і категорій якості води згідно Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, що затверджена наказом Мінекобезпеки України від 31.03.1998 р. № 44 як міжвідомчий керівний нормативний документ.

Основними показниками, які характеризують якість поверхневих вод і відображають особливості абіотичної біотичної складових водних екосистем, є показники сольового складу води, торфосапробіологічні (еколого-санітарні) та показники вмісту у воді специфічних речовин токсичної і радіаційної дії. Всі вони групуються в межах відповідних блоків.

Систематизовані розрізнені дані спостережень за окремими блоками підсистеми «Якість води» аналізують і корегують. Згруповані масиви показників піддають статистичній обробці – обчислюють середньоарифметичне значення кожного показника і вибирають найгірше значення цього показника. Середні величини показників якості води засвідчують стабільний екологічний стан водних об'єктів, певну норму цього стану. Найгірші значення показників якості води відображають найбільші відхилення величин цих показників від норми, які спричинені природними явищами та діяльністю людини.

За вихідними даними середніх і найгірших величин кожного блоку показників шляхом послідовних розрахунків визначають клас і категорію якості поверхневих вод у басейні річки як за окремими показниками, так й узагальнено за кожним блоком показників і водним об'єктом в цілому.

Діапазон усіх показників якості поверхневих вод, зведених до шести класифікацій (крім перших двох), поділено на п'ять класів і сім категорій якості води. Для оцінки екологічного стану басейну річки важливою із перших двох класифікацій блоку сольового складу є класифікація якості поверхневих вод за критеріями мінералізації, що характеризує ступінь солоності води.

Клас і категорію загального стану підсистеми «Якість води» для певного водного об'єкта або для окремих його ділянок визначають як середньоарифметичне значення прийнятих на заключному етапі оцінок якості води у відповідних розрахункових створах на території басейну ріки або в межах окремих ділянок.

За результатами антропогенного навантаження, стан басейну р. Гапа за найгіршими показниками якості води характеризується як «задовільний», а рівень антропогенного навантаження на басейн ріки за величиною ІКАН становить – 2,75.

Для зменшення антропогенного навантаження та зниження екологічної напруги в регіоні пропонується створити комплексну багатокomпонентну, багатоцільову систему моніторингу стану басейну, його природно-господарських об'єктів, розробити схеми оптимізації

структури земельних угідь відповідно до ландшафтної будови території.

**1.** Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», що затверджена наказом Мінекобезпеки України від 31.03.1998 р. № 44. **2.** Методика по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / УНДІБЕП, 2-ге видання перероблене та доповнене. – К. : Полімед, 2007. – 71 с. **3.** Звіт Західно-Бузького басейнового управління водних ресурсів за 2015 рік м. Луцьк. **4.** Методичні вказівки для оцінки еколого-меліоративного стану осушених земель України. – К. : Урожай, 1995. – 30 с. **5.** Яцик А. В. Антропогенне навантаження і соціально-економічні аспекти охорони водних ресурсів / А. В. Яцик, О. М. Петрук // Сучасні географічні проблеми Української РСР: тези доп. VI з'їзду геогр. т-ва УРСР. – К., 1990. – С. 78–80.

Рецензент: д.т.н., професор Кір'янов В. М. (НУВГП)

---

**Romaniuk I. V., Candidate of Engineering, Associate Professor;  
Pinchuk O. L., Candidate of Engineering, Associate Professor;  
Herasimov Y. H., Candidate of Engineering, Associate Professor**  
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **CALCULATION OF THE LEVEL OF ANTHROPOGENIC LOAD ON THE GAPA RIVER BASIN**

In the article the calculation of the anthropogenic load on the Gapa river basin is given, taking into account the quality of its surface water. The ecological situation of the surveyed region is assessed for the level of anthropogenic load.

**Keywords:** river basin, anthropogenic load, surface water quality, ecological situation.

---

**Романюк И. В., к.т.н., доцент; Пинчук О. Л., к.т.н., доцент;  
Герасимов Е. Г., к.т.н., доцент** (Национальный университет  
водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

#### **РАСЧЕТ УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА БАСЕЙН РЕКИ ГАПА**

В статье приведен расчет антропогенной нагрузки на бассейн реки Гапа, при этом учтено качество ее поверхностных вод. Оценена экологическая ситуация обследуемого региона за уровнем антропогенной нагрузки.

**Ключевые слова:** бассейн реки, антропогенная нагрузка, качество поверхностных вод, экологическая ситуация.